



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Veröffentlichung  
⑪ DE 3790818 T1

⑤① Int. Cl. 4:  
F16K 11/044

- der internationalen Anmeldung mit der  
⑧⑦ Veröffentlichungsnummer: WO 88/04745  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 int.Pat.ÜG)
- ②① Deutsches Aktenzeichen: P 37 90 818.9  
⑧⑥ PCT Aktenzeichen: PCT/US87/02385  
⑧⑥ PCT Anmeldetag: 21. 9. 87  
⑧⑦ PCT Veröffentlichungstag: 30. 6. 88  
④③ Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: 19. 10. 89

DE 3790818 T1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
16.12.86 US 942566

⑦① Anmelder:  
Marathon Oil Co., Findlay, Ohio, US

⑦④ Vertreter:  
Miehe, M., Dipl.-Chem., Pat.-Anw., 1000 Berlin

⑦② Erfinder:  
Barree, Robert D., Littleton, Col., US

⑤④ Hochgeschwindigkeits-, Hochtemperatur-Dreiwegeventil für das Umsteuern von Hochdruckfluiden unter Niederdrucksteuerung

DE 3790818 T1

Die Erfindung betrifft ein Dreiwege-Tellerventil für das Umsteuern von Hochdruck-, Hochtemperaturfluiden unter einer Niederdrucksteuerung und insbesondere ein Dreiwegeventil mit kleinen Innenvolumen für die Hochgeschwindigkeits-Umsteuerung von Hochdruck-, Hochtemperaturfluiden ohne Volumenveränderung für Präzisionsmessungen im Laboratorium, so wie es der Fall ist bei Permeameter-tests mit korrodierenden Fluiden unter Anwenden von Kernproben.

Bei Permeameter-tests werden Hochtemperatur (wie 138°C) und Hochdruck (700 bar) korrodierende Fluide (wie Salzsole, Öl und Gas) in Kernproben eingedrückt zwecks Messen relativer oder spezifischer Permeabilität der Kernprobe. Ein computerbetätigtes Permeameter erfordert ein Dreiwegeventil mit mehreren Öffnungen, das in der Lage ist, eine Nullvolumenveränderung zu erzielen und ein kleines Innenvolumen sowie eine schnelle Ansprechzeit besitzt. Nach dem Stand der Technik werden in einem Fall Valco Drehventile angewandt, wie sie von der Valco Instruments Inc., Houston Texas hergestellt werden. Diese Drehventile besitzen jedoch kleine Schließwege und eine langsame Ansprechzeit, wie 0.5 - 2.0 Sekunden.

Bekannt ist der folgende Stand der Technik: US-PSen 3.002,532; 3 016 917; 3 570 541; 3 537 156; 3 762 443; 3 794 075; 3 902 526; 4 027 700; 4 067 357; 4 103 711; 4 209 040; 4 217 934; 4 567 914.

Die US-Patente 3 537 156 und 3 762 443 aus den Jahren 1971 und 1973 betreffen ein Verfahren zum Herstellen eines Steuerventils für unter Druck stehende Fluide unter Anwenden einer Ventilschule, die zentral in dem Ventilkörper angeordnet ist. Die Ausführungsform nach Figur 17 der genannten Patentschrift zeigt ein Mehrkanalventil unter Anwenden einer symmetrisch geformten Schule, wobei dieselbe eine geneigte Oberfläche aufweist, die gegen eine scharfe kreisförmige Kante ausgebildet in dem Ventilkörper anliegt. Die Sorensen Schule oder Ventilkörper besteht aus deformierbaren federnden Materialien, wie Polyurethan, Neopren, Polyäthylen oder Gummi. Die Deformierbarkeit der Ventilschule oder des Ventilkörpers nach Sorensen ist kritisch, da bei dem Herstellen des Ventils die Schule oder der Ventilkörper sich deformieren müssen, damit dieselben in den Ventilkörper eingesetzt werden können. Nach dem Einsetzen wird das deformierte Teil wieder in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt. Bei einer derartigen Ausführungsform sind die Deformierungs-

Das US-Patent 3 794 075 beschreibt ein Mehrfachwegeventil mit einer Schaltzeit von 6 Millisekunden und kurzem physikalischem Ventilweg. Hierbei finden scheibenebene Dichtungen Anwendung, die auf der symmetrischen mittleren Spule angeordnet sind. Die Spule wird durch die Einrastwirkung gegenüberliegender Diaphragmen angetrieben, die hydraulisch in Funktion gesetzt werden. Durch die Gummidiaphragmen mit den Spulenenddichtungen und den Diaphragmen für das Einrasten wird dieses Ventil für Hochtemperatur-Anwendungen ungeeignet. Hohe Innendrucke würden zu einem Kollabieren dieser Teile führen, so daß das Ventil versagt. Die mittlere O-Ringdichtung der Spule steht nicht unter Belastung, so daß der Rückdruck der Dichtung zu einem Aufheben der Dichtung des O-Rings führt und somit ein Lecken resultiert. Dies ist bei dem Erfindungsgegenstand nicht der Fall. Aufgrund der Biegsamkeit der Gummiteile muß eine gewisse innere Volumenveränderung bei diesem US-Patent 3 794 075 eintreten, nachdem die Dichtungen in Berührung gekommen sind. Die Volumenveränderung führt zu einem Komprimieren des Fluids in einem Teil des Ventils, wodurch eine Druckänderung verursacht wird. Dieses Problem tritt bei dem Erfindungsgegenstand nicht auf. Unter hohen Druckunterschieden können die nicht gestützten oder getragenen Elastomeren-

Das US-Patent 3 794 075 beschreibt ein Mehrfachwegeventil mit einer Schaltzeit von 6 Millisekunden und kurzem physikalischem Ventilweg. Hierbei finden scheibenebene Dichtungen Anwendung, die auf der symmetrischen mittleren Spule angeordnet sind. Die Spule wird durch die Einrastwirkung gegenüberliegender Diaphragmen angetrieben, die hydraulisch in Funktion gesetzt werden. Durch die Gummidiaphragmen mit den Spulenenddichtungen und den Diaphragmen für das Einrasten wird dieses Ventil für Hochtemperatur-Anwendungen ungeeignet. Hohe Innendrucke würden zu einem Kollabieren dieser Teile führen, so daß das Ventil versagt. Die mittlere O-Ringdichtung der Spule steht nicht unter Belastung, so daß der Rückdruck der Dichtung zu einem Aufheben der Dichtung des O-Rings führt und somit ein Lecken resultiert. Dies ist bei dem Erfindungsgegenstand nicht der Fall. Aufgrund der Biegsamkeit der Gummiteile muß eine gewisse innere Volumenveränderung bei diesem US-Patent 3 794 075 eintreten, nachdem die Dichtungen in Berührung gekommen sind. Die Volumenveränderung führt zu einem Komprimieren des Fluids in einem Teil des Ventils, wodurch eine Druckänderung verursacht wird. Dieses Problem tritt bei dem Erfindungsgegenstand nicht auf. Unter hohen Druckunterschieden können die nicht gestützten oder getragenen Elastomeren-

Dichtungen nach dem Stand der Technik herausgedrückt werden. Das Problem wird bei hohen Temperaturen noch erschwert. Das erfindungsgemäße Ventil weist aus Metall bestehende Dichtungsfläche zwecks Überwinden dieses Problems auf.

Das US-Patent 3 016 917 beschreibt ein Ventil für das Steuern von Hochtemperatur-Fluiden. Der Ventilstempel weist ein vergrößertes mittleres Körperteil auf, das in einer winkelförmigen Sitzfläche auf einer Verbreiterung des Ventils endet, die selektiv an dem entsprechenden winkelförmigen Sitz des Hohlraums anliegt. Es liegt hier ein Metall-Metall-Eingriff zwischen der Ventilvergrößerung und dem Sitz vor unter Ausbilden einer Dichtung gegen das Lecken des Fluidsdrucks. Das Ventil wird in der geschlossenen Lage vermittle einer Magnetspule gehalten und wird in die offene Lage vermittle einer Feder zurückgeführt. Bei dieser Ausführungsform ist die zentrale Ventilspule nicht hydrostatisch abgeglichen. In der US-PS 3 570 541 ist ein Dreiwege-Steuerventil gezeigt, das ein Spulenteil besitzt, welches in einem Körper angeordnet ist. Hierbei weist der Körper im Inneren kegelförmige Sitze für den selektiven Eingriff mit dem Spulenteil unter Öffnen und Schließen des Dreiwegeventils auf. Das Spulenteil und der Sitz bestehen aus einem elastomeren Material. Dieses Ventil ist für ein Arbeiten mit 7 bar vorgesehen, wobei eine Ventilsteuerung angetrieben durch einen Kolben mit 4.9 bar arbeitet.

Die US-PS 4 567 914 betrifft ein vermittle Magnetspule betriebenes zweistufiges, hydraulisches Ventil mit einem zentral angeordneten Spulenteil, das geneigte Flächen besitzt, die selektiv mit den kegelförmigen Sitzen in Eingriff kommen. Dieses Ventil ist für Steuerungssysteme von Dampfturbinen vorgesehen.

Die US-PS 4 067 357 betrifft Gleitspulen-Steuerventile, wobei die Spule symmetrische Bauart besitzt und durch zwei gegenüberliegende Steuerkolben angetrieben wird. Diese Ausführungsform ergibt eine neuartige Sitzanordnung, die selektiv zu einer Abdichtung führt trotz eines Toleranzverlustes bedingt durch Abrieb oder Anwendung oder bei der Herstellung. Die verbleibenden genannten Patentschriften liegen dem Erfindungsgegenstand ferner.

Bei der Durchführung relativer Permeabilitätsmessungen von Kernproben müssen Hochtemperatur- und Hochdruckfluide mit korrodierenden Eigenschaften schnell umgesteuert werden vermittels eines schnell arbeitenden Ventils, das nicht das Ventilvolumen während der Umsteuerung verändert, um so die Genauigkeit der Permeabilitätsmessungen aufrechtzuerhalten. Ähnliche Hochtemperatur- und Hochdruckbedingungen liegen bei anderen Messungsarten vor, und das erfindungsgemäße Ventil findet insbesondere Anwendung bei positiven Verbrennungspumpen für Präzisionsmessungen im Laboratorium.

Erfindungsgemäß wird ein schnell arbeitendes Ventil geschaffen, das in der Lage ist, in weniger als 15 Millisekunden umzusteuern, wobei sich keine Volumenveränderung des Ventils während der Umsteuerung ergibt, sowie ein Betätigungsweg von weniger als 0,75 mm vorliegt. Weiterhin kann das erfindungsgemäße Ventil mit niedrigen Drücken gesteuert werden, die zwei Größenordnungen kleiner sind als der Hochdruck des Fluids. Der Erfindungsgegenstand weist einen aus Metall bestehenden Ventilkörper auf, bestehend aus einem Material, das den hohen Temperaturen und hohen Drücken des korrodierenden Fluids widersteht und eine Einlaß- und zwei Auslaßöffnungen besitzt. Es ist ein Hohlraum innerhalb des Ventilkörpers ausgebildet, der zwei Fluidkanäle zwischen der Einlaßöffnung und der ersten Auslaßöffnung und zwischen der Einlaßöffnung und der zweiten Auslaßöffnung bildet. Es ist eine längliche Metallspule, die ebenfalls aus einem Material besteht, das in der Lage ist, den hohen Temperaturen und Drücken korrodierender Flüssigkeiten zu widerstehen, im Inneren des Hohlraums angeordnet und spricht auf niedrige Drücke an, die auf gegenüberliegende Kolben an gegenüberliegenden Enden der Spule betätigt werden, um so selektiv das Ventil zu betätigen unter Umsteuern zwischen den ersten und zweiten Kanälen. Die Spule weist ein mittleres verbreitertes Teil auf, das in gegenüberliegenden, kegelförmigen Spulenspitzen endet, die zu einer selektiven Abdichtung zwischen Ventilsitzen führen, die in dem Ventilkörper ausgebildet sind, um so die zwei Fluidkanäle gegeneinander abzudichten. Die Einlaßöffnung befindet sich über der Mitte des Hohlraums, der in dem mittleren verbreiterten Spulenteil vorliegt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das erfindungsgemäße Hochdruck-, Hochtemperatur-Dreiwegeventil im Querschnitt;

Fig. 2 und 3 die Arbeitsweise des erfindungsgemäßen Dreiwegeventils nach Figur 1;

Fig. 4 Einzelheiten des mittleren erhöhten Teils der mit den Ventilsitzen in Eingriff stehenden Spule;

Fig. 5 Einzelheiten des eigentlichen Eingriffs zwischen dem Spulensitz und dem Ventilsitz;

Fig. 6 eine wahlweise Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ventils;

Fig. 7 eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht und gibt die Bauteile des Erfindungsgegenstandes wieder;

Fig. 8 eine seitliche Draufsicht auf die Kolbenendkappen;

Fig. 9 eine seitliche Draufsicht auf den Kolben;

Fig. 10 eine seitliche Draufsicht auf den Dichtungsring;

Fig. 11 eine seitliche Draufsicht auf die Spule;

Fig. 12 eine seitliche Draufsicht auf die erste Hälfte des Ventilkörpers;

Fig. 13 eine seitliche Draufsicht auf die zweite Hälfte des Ventilkörpers;

Fig. 14 ein Blockdiagramm und zeigt die erfindungsgemäßen Ventile angeordnet in einem relativen Permeameter.

In der Figur 1 sind die Einzelheiten des erfindungsgemäßen Dreiwegeventils wiedergegeben, das einen Hauptkörper 10 und einen zweiten Körper 20 aufweist, die beide aus einem unter der Bezeichnung Hastelloy-C 276 bekannten Material gefertigt sind. Hastelloy C-276 ist eine Nickellegierung, die eine Elastizitätsgrenze von etwa 4900 bar besitzt. Der wesentliche Vorteil derselben ist die extreme Widerstandsfähigkeit gegenüber Korrosion bedingt durch Laugen, Schwefelwasserstoff und weitere Verbindungen, die sich in Erdöllagerstätten bei Temperaturen bis zu 205°C finden. Das Metall als solches ist bei diesen höheren Temperaturen funktionsfähig. Deshalb widersteht diese Materialart den hohen Temperaturen und hohen Drücken der korrodierenden Fluide, die in dem erfindungsgemäßen Ventil umgesteuert werden. Die zwei Körper 10 und 20 sind so gearbeitet, daß dieselben zusammenpassen und ausbilden einer Anordnung, die drei Öffnungen 40, 50 und 60 aufweist. Die Öffnung 40 ist ein Fluideinlaß

und die Öffnungen 50 und 60 sind Fluidauslässe. Für Permeabilitäts-tests können die Fluide aus gasförmigen oder flüssigen korrodierenden Stoffen unter hohen Drücken über 560 bar und bis zu 700 bar bestehen. Weiterhin arbeitet das Ventil bei Temperaturen von Normaltemperatur 21°C bis zu 120 - 175°C. Die einzige Temperaturbegrenzung ist durch das elastomere Vitonmaterial auf dem Kolben und der Spindeldichtung gegeben. Bei Anwenden von Teflon können Temperaturen bis zu 250°C erreicht werden. Die Drücke können sich von weniger als 0.07 - 700 bar belaufen.

An gegenüberliegenden Enden der Körper 10 und 20 befinden sich Gewinderinge 70 und 70a. Im Eingriff mit den Gewinderingen 70 und 70a stehen gegenüberliegende Endkappen 80 und 80a. Mittig durch den Gesamtkörper 30 (d.h. erster Körper 10 und zweiter Körper 20 und Ringe 70 und 70a) erstreckt sich die Spule 90, die ein verbreitertes Mittelteil 140 mit einer ersten 90a und einer zweiten 90b gegenüberliegenden längsseitiger Spindeln besitzt. An den gegenüberliegenden Enden 92 und 92a der Spule 90 liegen die Kolbenköpfe 100 und 100a an. Die Öffnungen 110 und 110a sind mittig in gegenüberliegenden Stirnkappen 80 und 80a angeordnet. Es wird ein Fluid, wie z.B. Luft unter einem niedrigen Druck von 5.6 bar in die Öffnungen 110 abgegeben. Die Öffnung 110 stellt eine Fluidverbindung durch die Stirnkappe 80 und in einen Hohlraum 120 dar, der zwischen der inneren Wand 82 und der Stirnkappe 80 und der äußeren Oberfläche 102 des Kolbenkopfes 100 angeordnet ist.

Es sind O-Ringe 104 um den Kolben 100 herum angepaßt unter Ausbildung einer Fluiddichtung zwischen der Kammer 120 und dem Rest der Vorrichtung. In gleicher Weise ist eine O-Ringdichtung 22 in dem Körper 20 und um die Spindel 90 herum zwischen dem Körper 20 und dem Gewindering 70 vorgesehen. In gleicher Weise ist eine O-Ringdichtung 12 zwischen dem Körper 10 und dem Gewindering 70a längs der Spindel 90 angeordnet. Die O-Ringe 12 und 22 bilden Druckdichtungen und stehen unter Vorspannung, wobei eine äußere Dichtungsanordnung und Abstandsring 29 vorgesehen sind. Die äußere Dichtungsanordnung besteht aus den Gewinderingen 70 und 70a. Diese Ringe werden, wie in der Figur 7 gezeigt, durch vier Kopfkappenschrauben 700 und 710 zusammengezogen, die dazu dienen, die Ringe 70 und 70a und die Körperteile 10 und 20 zusammenzuhalten. Das Anziehen der Bolzen 700 und 710 führt dazu, daß die O-Ringe 12 und 22 zusammen-

gedrückt werden, wodurch sich eine statische Dichtung um die Spindel 90 ergibt. Die im Inneren der O-Ringe 12 und 22 angeordneten Abstandsringe 29 und 29a bedingen einen Laufweg des unter Druck stehenden Fluids über die vordere Fläche 31 der O-Ringe 12 und 22. Dies führt zu einer dynamischen Dichtung, wobei die Dichtungskraft proportional dem beaufschlagten Druck ist. Weiterhin ist eine O-Ringdichtung 14 zwischen den Körpern 10 und 20 vorgesehen.

Es ist eine Kammer 130 zwischen der Einlaßöffnung 40 und den zwei Auslaßöffnungen 50 und 60 vorgesehen. Die O-Ringdichtungen 12, 14 und 22 führen zu einer selektiven Abdichtung der Kammer 130 gegenüber dem Rest der Vorrichtung. Die Stirnkappe 80 steht in einem lösbaren Eingriff mit dem Gewinding 70 und einer Schraube über dem Ring 70 wodurch sich ein fester Eingriff mit der Stirnkappe 80 unter Begrenzen der Kammer 21 ergibt.

In den Figuren 2 und 3 ist die Arbeitsweise des Erfindungsgegenstandes erläutert. Die erfindungsgemäße Vorrichtung 200 ist mit einem Fluideinlaß 210 mit den Fluidauslässen 220 und 230 und mit Luftein-/auslässen 240 und 250 verbunden. Der Fluideinlaß 210 ist in herkömmlicher Weise mit der Öffnung 40 verbunden, und die zwei Auslässe 220 und 230 sind in herkömmlicher Weise mit den Öffnungen 50 und 60 verbunden. Die zwei Luftein-/auslässe 240 und 250 sind mit den Öffnungen 110 und 110a verbunden. Bei dem Betrieb treibt somit bei dem Einführen eines Niederdruckgases wie Luft mit 5.6 bar in den Hohlraum 120 der Kolben 100 in Richtung des Pfeils 260, wodurch die Spulen 90, 140 fest gegen die Kante 150 zum Aufliegen kommen. Die Öffnung 84 entlüftet die hintere Seite des Kolbens 100 an die Außenluft und ermöglicht die Bewegung des Kolbens. Hierdurch kann das Fluid 270 von dem Einlaß 210 in Richtung der Pfeile 272 nach unten durch die Öffnung 260 und in den zweiten Auslaß 230 befördert werden. Somit erfolgt der Fluß des unter hohem Druck und hoher Temperatur stehenden Fluids durch einen Kanal von der Einlaßöffnung 40 zu der zweiten Auslaßöffnung 60. In gleicher Weise, wie die Figur 3 zeigt, wird die Spule 140 in Richtung des Pfeils 300 geführt, so daß die Spule 90 fest gegen die Kanten 160 anliegt. In dieser Weise wird das Fluid 270 in Richtung der Pfeile 310 in den Auslaß 220 befördert. Somit erfolgt der Fluß des unter hohem Druck und hoher Temperatur stehenden Fluids durch den Kanal von der Einlaßöffnung 40 zu der zweiten Auslaßöffnung 60.



In der Figur 4 ist das verbreiterte Teil 140 der Spule 90 so gezeigt, daß dasselbe gegen die kreisförmige Kante 150 anliegt, die den Ventilsitz darstellt. Bei der Ausführungsform nach der Figur 4 befindet sich der Ventilsitz 150 in einer rechtwinkligen Kante im Eingriff mit dem Spulensitz, der einen geneigten Winkel 142 von etwa  $30^{\circ}$  gegenüber der Waagerechten bildet. Wenn der Spulensitz 140 mit dem Ventilsitz 150 im Eingriff steht, ist die gesamte sich ergebende Kraft 400, wie in der Figur 4 gezeigt, im Prinzip gleich der Kraft 410, die einem niedrigen Gasdruck wie 5.6 bar entspricht und von der Öffnung 240 ausgeht und auf den Kolben 100 beaufschlagt wird.

Die Kraft 410 wird von dem Kolben 100 mit dem  $\pi$ -fachen des Radius (r) multipliziert mit dem Quadrat des Drucks (p) übertragen. Bei der bevorzugten Ausführungsform, wo sich der Radius des Kolbens auf 2.1 cm und der Druck auf 5.6 bar beläuft, beträgt die Kraft 410 245.2 kg/m. Es treten auch noch andere Kräfte auf. Die Kräfte 420 wirken auf beide Seiten der Öffnung 140 und wirken gegeneinander ein unter Ausbilden keines Nettoeffekts auf die kombinierte Kraft 400. Die Kraft 420 besteht aus dem Fluiddruck (bis zu 700 bar), der auf den ringförmigen Raum 450 zwischen Spindel 90 und Körper 20 einwirkt, wobei nach einer bevorzugten Ausführungsform Durchmesser von 3.18 bis 3.81 mm vorliegen. Bei 700 bar beträgt dies eine Kraft von 80.4 kg/m. Gleichzeitig wirkt die Kraft 440 gegen ein Schließen des Ventils, indem der Auslaßdruck des Fluids auf die gleiche ringförmige Fläche 450 beaufschlagt wird. Bevor das Ventil geschlossen wird, gleichen sich somit die Kräfte 430 und 440 genau ab, so daß die einzige Nettokraft 410 vorliegt.

Eine wahlweise Ausführungsform des Ventils 140 ist durch das Ventil 140a in der Figur 6 wiedergegeben, das mit einer kreisförmigen Kante 150a in Eingriff steht, wobei die winkelförmige Seite 142a des Ventils 140a selektiv gegen die geneigte Kante 150a anliegt. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Neigungswinkel der kreisförmigen Kante 150a und der Oberfläche 142a geringfügig. Die Winkelfläche 150a muß einen Winkel aufweisen, der geringfügig größer als der durch die Fläche 142a gebildete Winkel ist. Eine Winkeldifferenz von  $2 - 5^{\circ}$  ist ausreichend. Diese Anordnung ermöglicht es, eine Liniendichtung bei niedrigen Belastungen aufrechtzuerhalten. Bei Zunahme der die Flächen 150a und 142a zusammendrückenden Kraft deformiert sich das Material an der Dichtungsline elastisch unter Vergrößern der Berührungsfläche, wodurch die Belastung verkleinert und die Möglichkeit einer bleibenden Deformierung der Teile verringert

wird. Die Figur 7 zeigt in perspektivischer Darstellung die erfindungsgemäße Vorrichtung. In der Figur 7 ist die Spule 90 in den Kanal 24 des Körpers 20 und sodann durch den Kanal 74 des Gewinderings 70 eingeführt. In gleicher Weise ist das Ende 92 der Spindel 90 in den Kanal 14 des Körpers 10 und durch den Kanal 74a des Gewinderings 70a eingeführt. Sobald die Körper 10 und 20 über die Spindel 90 angeordnet sind und die Gewinderinge 70a und 70 sich über den Enden 90 und 92a befinden, werden zwei Bolzen 700 durch die Kanäle 702 des Gewinderings 70 und 704 des Körpers 20, 706 des Körpers 10 eingeführt unter Ineingriffkommen mit dem Gewindeteil 708 des Gewinderings 70a. In gleicher Weise werden zwei gegenüberliegende Bolzen 710 durch die Kanäle 712 des Rings 70a, 713 des Körpers 10 und 716 des Körpers 12 eingeführt und kommen in Eingriff mit dem Gewindeteil 718 des Rings 70. Die gegenüberliegenden Bolzen 700 und 710 werden angezogen und halten die Gewinderinge 70 und 70a an dem Gesamtkörper 30 fest. Nach dem Anziehen der Bolzen 700 werden die Kolben 100 und 100a über die Enden 92 und 92a der Spindel 90 gebracht und die Kappen 80 und 80a werden auf die Gewinderinge 70 und 70a geschraubt. In dieser Weise wird das erfindungsgemäße Dreiwegeventil 12 zusammengestellt.

Die Einzelheiten der Stirnkappen 80 und 80a sind in der Figur 8 gezeigt. Nach der Figur 8 wird die Stirnkappe 80 vorzugsweise aus einem Material, wie Aluminium, gearbeitet und sodann hartanodisiert mit einer Dicke von 0.025 mm. Der Auslaß 84 wird durch die Seite 86 der Stirnkappe 80 gebohrt. Bei der bevorzugten Ausführungsform weist die Stirnkappe 80 einen Außendurchmesser von 5.08 cm auf wie durch den Pfeil 800 gezeigt. Der Hohlraum 120 weist einen Innendurchmesser von 41.3 mm auf, siehe den Pfeil 810. Die Öffnung 110 besitzt in typischer Weise einen Innendurchmesser von 7.9 mm. Die Innengewinde<sup>820</sup> sind in der gezeigten Weise vorgesehen.

In der Figur 9 sind Einzelheiten des Kolbens 100 gezeigt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform beläuft sich der Außendurchmesser des Kolbens 100 auf 41.1 mm, wie durch den Pfeil 900 gezeigt, und der Innendurchmesser des gebildeten Schlitzes 106 beträgt 3.2 mm. Die gebildete Öffnung 106, siehe die Figur 1, erstreckt erheblich in den Kolben 100 und bei einer bevorzugten Ausführungsform besitzt der Kolben eine Dicke von 8.1 mm und die gebildete Öffnung 106 erstreckt sich 6.7 mm nach innen. Ein gebildeter Schlitz 104a erstreckt sich um die äußere Oberfläche des Kolbenkopfes unter Aufnahme des O-Rings 104. Der Kolbenkopf 100 ist bei der bevorzugten Aus-

führungsform aus Aluminium gefertigt.

Der Ring 70 ist in der Figur 10 gezeigt und nach der bevorzugten Ausführungsform besitzt derselbe einen äußeren Durchmesser von 44.5 mm siehe den Pfeil 1000 auf. Der Kanal 74 weist einen Innendurchmesser von 3.2 mm auf. Der Gewindering 70 besitzt einen Vorsprung 76, der mit einem entsprechenden kreisförmigen Hohlraum 26 in dem Körper 20 in Eingriff kommt. Der Durchmesser des Vorsprungs 76 beläuft sich auf 6.35 mm. Die Löcher 702 und 718 für die Aufnahme der Bolzen 700 und 710 sind in der Figur 10 gezeigt.

In der Figur 11 sind die Einzelheiten der Spule 90 wiedergegeben. Die Spule 90 ist vorzugsweise aus einem korrosionsfesten Material, wie Hastelloy C-276 gefertigt. Nach einer weiteren Ausführungsform kann ein wesentlich härteres Material wie Satellite 6B angewandt werden. Dieses Material besitzt eine geringfügig geringere Korrosionsfestigkeit, ist jedoch widerstandsfähiger gegenüber Abrieb und Deformation nach wiederholter Benutzung. Die Spule ist bei der bevorzugten Ausführungsform 66.3 mm lang, und die Fläche 142 ist gegenüber der Waagerechten mit  $30^{\circ}$  geneigt, siehe den Pfeil 1100.

In der Figur 12 sind Einzelheiten des Körpers 20 wiedergegeben. Der Körper 20 weist einen äußeren Durchmesser von 50.3 mm auf, siehe den Pfeil 1200. Der Körper 20 besteht vorzugsweise aus Hastelloy C-276. Die Löcher 704 und 716 sind durch den Körper 20 gebohrt für die Aufnahme der Bolzen 700 und 710. Der Hohlraum 26 weist einen Innendurchmesser von 6.35 mm auf und nimmt den Vorsprung 76 des Gewinderings 70 auf unter Ausbilden einer Fläche für den O-Ring 22, siehe die Figur 1. Eine Fläche 28 verringerten Durchmessers nimmt die Spule 90 auf und ist einteilig mit der Fläche 24 vergrößerten Durchmessers ausgeführt, die einen Teil des Kanals 130 darstellt, siehe die Figur 1. Die Fläche 24 endet in der Kante 160, siehe die Figur 1. Die verbreiterten zylinderförmigen Vorsprünge 21 und 26 sind auf den gegenüberliegenden Oberflächen 23 des Körpers 20 ausgebildet. Wie in der Figur 1 gezeigt, arbeiten diese Vorsprünge 21 und 26 mit dem Körper 10 unter Ausbilden eines Hohlraums für den O-Ring 14 zusammen. Bei der bevorzugten Ausführungsform besitzt die ringförmige Fläche 21 einen äußeren Durchmesser von 10.2 mm, und eine ringförmige Fläche 22 weist einen äußeren Durchmesser von 12.7 mm auf. Wie in der Figur 12 gezeigt, erfolgt die Anordnung der Auslaßöffnung 60, die in den Körper 20 eingearbeitet ist, in herkömmlicher Weise. Die Auslaßöffnung 60 weist eine Gewindefläche 62

auf, die einteilig mit einer geneigten Fläche 63 ausgeführt ist, die in Verbindung mit dem Kanal 64 zu dem Hohlraum 130 steht, siehe die Figur 1.

In der Figur 13 sind Einzelheiten des Körpers 10 wiedergegeben. Der Körper 10 weist einen Außendurchmesser von 50.8 mm, siehe den Pfeil 1300 nach der bevorzugten Ausführungsform auf. Die Löcher 706 und 714 sind in den Körper für die Bolzen 700 und 710 eingearbeitet. Der linke Körper 10 ist ebenfalls aus Hastelloy C276 gefertigt. Die Einlaßöffnung 40 mit ihrer Gewindefläche 42, ihrer geneigten Fläche 43 und ihrem Kanal stellt die Fluidverbindung mit dem Hohlraum 130 dar, siehe die Figur 1. In gleicher Weise ist die Auslaßöffnung 50 in den Körper 10 eingearbeitet und weist eine Gewindefläche 53, eine geneigte Fläche 53 und einen Fluidkanal 54 auf unter Ausbilden einer Fluidverbindung mit dem Hohlraum 130. Wie in der Figur 13 gezeigt, besitzt der kreisförmige Hohlraum 11 nach der bevorzugten Ausführungsform einen Innendurchmesser von 12.7 mm. Ein zweiter und im Inneren angeordneter Hohlraum 13 besitzt eine Kante 150 und bildet einen Teil der Kammer 130, siehe die Figur 1. Der innere Hohlraum 13 weist nach der bevorzugten Ausführungsform einen Innendurchmesser von 5.6 mm auf. Die Fläche 15 besitzt verringerten Durchmesser, der sich nach der bevorzugten Ausführungsform auf 3.8 mm beläuft und bildet den verbleibenden Teil des Hohlraums 130. Die Fläche 15 steht in Fluidverbindung mit dem Kanal 54 und der Öffnung 50. Schließlich ist die gegenüberliegende Fläche 25 ein ringförmiger Hohlraum 17, der die O-Ringdichtung 12 und den Abstandsring 29 aufnimmt.

Nach dem vollständigen Zusammenbau bewegt sich der Kolben 100 nach der bevorzugten Ausführungsform lediglich 0.38 - 5.1 mm, um Fluid von der Öffnung 40 entweder zu der Öffnung 50 oder der Öffnung 60 zu überführen. Bei den vorliegenden Drücken liegt die Umsteuerzeit für das Hochdruckfluid von der Einlaßöffnung 40 entweder zu der Auslaßöffnung 50 oder 60 in der Größenordnung von 15 Millisekunden. Erfindungsgemäß ergibt sich somit ein hydrostatisch abgeglichenes Dreiwegeventil, das symmetrisch aufgebaut ist. Ein Luftdruck von 5.6 bar für die Luftquellen 240 und 250 stellt die bevorzugte Ausführungsform dar und liefert einen ausreichenden Druck, um den Differentialdruck zwischen der Einlaßöffnung 40 und entweder der Auslaßöffnung 50 oder 60 zu überwinden. Aufgrund der symmetrischen Anordnung der Ventile erfolgt bei dem Umsteuern keine Veränderung des

Innenvolumens des Ventils, und daher findet der Erfindungsgegenstand eine wesentliche Anwendung auf dem Gebiet der Permeabilitätstests. Bei Ventilen nach dem Stand der Technik mit einer gewissen Volumenveränderung während der Umsteuerung führen zu einer geringfügigen, jedoch bedeutenden Pumpwirkung, während jeder Ventilumsteuerung. Dies führt zu Störungen bei den aufgezeichneten Druckwerten und führt zu einer Verdrängung des Fluids in dem Ventilkörper. Die Fluidverdrängung ist kumulativ und führt zu Fehlern bei Berechnungen während der Verdrängung. Diese Fehler bezüglich der Volumina des verdrängten Fluids führen zu wesentlichen Fehlern bei den Endertgebnissen der Untersuchung. Dies ist bei dem erfindungsgemäßen Ventil nicht der Fall. Bei der bevorzugten Ausführungsform findet das Ventil für die Anwendung bei hohem Druck und hoher Temperatur (Einphasenfluß) Zweiphasen und drei Phasen) bei relativen Permeametertests Verwendung. In derartigen Fällen arbeitet das erfindungsgemäße Dreiwegeventil bei Temperaturen bis zu 138°C und Drücken bis 700 bar in Gegenwart von korrodierenden Fluiden, wie Salzsole, Öl und Gas. Das erfindungsgemäße Ventil findet auch Anwendung bei anderen Hochtemperatur- und Hochdruckbedingungen einschließlich anderer Präzisionsmessungen im Laboratorium.

Nach Figur 14 liegt eine mit Fluid gesättigte Kernprobe, nicht gezeigt, in dem Kernhalter einer Standardvorrichtung (Hassler Type 1400) vor. Ein Fluid, wie Salzsole wird in den Kern durch eine Pumpe 1410 eingedrückt, wobei es sich in diesem Fall um zwei Zylinder 1412 und 1414 mit positiver Verdrängung handelt. Der Fluß in und aus den Pumpenzylindern wird durch die Dreiwegeventile 1420, 1422 und 1424 in der erfindungsgemäßen Ausführungsform gesteuert, die durch elektrische Magnetspulenventile 1430, 1432 und 1450 unter Computersteuerung betrieben werden. In dieser Weise kann entweder der Zylinder 1412 oder 1444 als der Einlaß- oder Auslaß für die Pumpe ausgewählt werden.

In gleicher Weise kann ein zweites Fluid, wie Öl in die Kernprobe von einer zweiten Pumpe 1460 mit den Zylindern 1462 und 1464 abgegeben werden. Der Fluß aus diesen Zylindern wird durch die Ventile 1470 und 1472 bedingt unter Steuerung der Magnetspulen 1480 und 1482.

Das Ventil 1450 wird dazu angewandt zwischen den Pumpen 1410 und 1460 auszuwählen, so daß eine Wahl bezüglich des eingedrückten Fluids erfolgen kann. Diese Anordnung kann vergrößert oder verkleinert werden,

so daß ein, zwei, drei oder mehr Fluide inähnlicher Weise fließen können.

Der Fluß aus der Kernprobe tritt in ein Trenngefäß 149 ein, wo sich die Fluide trennen. Jedes Fluid wird sodann seiner entsprechenden Pumpe durch eine Reihe Ventile 1420, 1422, 1470 und 1472 zurückgeführt. Bei dieser Anordnung kann das Fluid kontinuierlich erneut durch die Probe geführt werden. Messungen der Fließrate von den Pumpen und des Differentialdrucks 1492 gemessen über dem Kern ergeben die erforderlichen Daten für die Permeabilitätsmessungen.

Hochgeschwindigkeits-, Hochtemperatur-Dreiwegeventil für das Umsteuern von Hochdruckfluiden unter Niederdrucksteuerung

---

Zusammenfassung der Erfindung

Es wird ein Dreiwegeventil mit kleinem Innenvolumen für die Hochgeschwindigkeits-Umsteuerung von Hochdruck-, Hochtemperaturfluiden ohne Volumenveränderung geschaffen. Derartige Ventile finden insbesondere Anwendung bei positiven Verdrängungspumpen für Präzisionsmessungen im Laboratorium, wo korridierende Fluide angewandt werden.

M A R A T H O N O I L C O M P A N Y  
539 South Main Street, Findlay, Ohio 45840, USA

---

Hochgeschwindigkeits-, Hochtemperatur-Dreiwegeventil für das  
Umsteuern von Hochdruckfluiden unter Niederdrucksteuerung

---

Patentansprüche

1. Hochgeschwindigkeits-, Hochtemperatur-Dreiwegeventil für das Umsteuern von Hochdruckfluiden unter Niederdrucksteuerung, wobei sich die Hochtemperatur auf bis zu 120°C und der Hochdruck auf 700 bar belaufen kann, g e k e n n z e i c h n ö e t durch die Kombination der folgenden Merkmale:
- a) einen Ventilkörper aus einem Material, das in der Lage ist, der Hochtemperatur und dem Hochdruck ohne Deformation zu widerstehen, wobei der Körper eine Einlaßöffnung in Verbindung mit der Fluidquelle und erste und zweite Auslässe aufweist, der erste Auslaß mit dem ersten Einlaß und der zweite Auslaß mit dem zweiten Einlaß verbunden ist;
  - b) ein Hohlraum in dem Ventilkörper ausgebildet ist und in Verbindung mit dem Einlaß und dem ersten und zweiten Auslaß steht, der Hohlraum eine länglich-symmetrische Form aufweist und ein mittleres zylinderförmiges Gebiet mit größerem Radius und erste und zweite gegenüberliegende, längliche, zylinderförmige Gebiete besitzt, der Radius des mittleren Gebietes größer als der Radius der gegenüberliegenden ersten und zweiten länglichen, zylinderförmigen Gebiete ist, die Eingangsöffnung in Verbindung mit der Mitte des mittleren zylinderförmigen Gebietes steht, die erste Auslaßöffnung in Verbindung benachbart zu dem Ende des ersten länglichen, zylinderförmigen Gebietes steht, sowie die zweite Auslaßöffnung in Verbin-



— dung benachbart zu dem Ende des zweiten länglichen zylinderförmigen Gebietes steht, sowie die Übergänge zwischen dem mittleren zylinderförmigen Gebiet und der gegenüberliegenden länglichen zylinderförmigen Gebiete erste und zweite Ventilsitze bilden;

c) eine längliche symmetrische Spule angeordnet in dem Hohlraum in dem Ventilkörper und bestehend aus einem Material, das in der Lage ist, der Hochtemperatur und dem Hochdruck ohne Deformation zu widerstehen, die Spule ein mittleres verbreitertes Teil und erste und zweite gegenüberliegende längliche zylinderförmige Spindeln besitzt, wobei der Radius des mittleren verbreiterten Teils geringfügig kleiner als der Radius des mittleren zylinderförmigen Gebietes des Hohlraums ist, der Radius der ersten und zweiten gegenüberliegenden, länglichen zylinderförmigen Spindeln geringfügig kleiner als der Radius der ersten und zweiten gegenüberliegenden, länglichen zylinderförmigen Gebiete ist, die Übergänge zwischen dem mittleren verbreiterten Teil der Spule und den ersten und zweiten gegenüberliegenden Spindeln erste und zweite kegelförmige Spulensitze bilden, die Spule mit dem Ventilkörper so zusammenarbeitet, daß ein erster Kanal zwischen der Einlaßöffnung und der ersten Auslaßöffnung gebildet wird, wenn der erste Spulensitz abdichtend gegen den ersten Ventilsitz vorliegt, sowie ein zweiter Kanal zwischen der Einlaßöffnung und der zweiten Auslaßöffnung gebildet wird, wenn die zweite Spule abdichtend gegen den zweiten Ventilsitz anliegt,

d) erste und zweite gegenüberliegende Kolben, die mit gegenüberliegenden Enden des Ventilkörpers und dem Steuersystem verbunden sind, der erste Kolben in Eingriff mit dem Ende der ersten länglichen zylinderförmigen Spindel der Spule steht, sowie der zweite Kolben im Eingriff mit dem Ende der zweiten länglichen, zylinderförmigen Spindel der Spule steht, der Durchmesser der ersten und zweiten gegenüberliegenden Kolben sich auf wenigstens das Zehnfache des Abdichtdurchmessers des mittleren verbreiterten Teils der Spindel beläuft;

e) eine Anordnung in dem Ventilkörper um die ersten und zweiten gegenüberliegenden, länglichen, zylinderförmigen Spindeln für das Abdichten des Hochtemperatur-, Hochdruckfluids in den ersten und zweiten Kanälen vorliegt;

f) der erste Kolben auf ein Niederdruck-Signal des Steuersystems anspricht zwecks Drücken der Spule in Richtung auf den zweiten Ventilsitz unter festem Eingriff mit dem zweiten Spulensitz gegen den zweiten Ventilsitz unter Abdichten des Hochdruck-, Hochtemperatur-

fluids in dem ersten Kanal zwecks Abgabe an die zweite Auslaßöffnung und

g) der zweite Kolben auf ein Niederdruck-Signal des Steuersystems anspricht zwecks Drücken der Spule in Richtung auf den ersten Ventilsitz unter festem Eingriff mit dem ersten Spulensitz gegen den ersten Ventilsitz unter Abdichten des Hochdruck-, Hochtemperaturfluids in dem zweiten Kanal zwecks Abgabe an die zweite Auslaßöffnung, wobei die Bewegung der Spule zwischen dem ersten und zweiten Ventilabdichtungen in weniger als 15 Millisekunden erfolgt und sich die Bewegungsstrecke der Spule auf weniger als 0.75 mm beläuft und keine Volumenveränderung in dem Fluß des Hochtemperatur-, Hochdruckfluids während der Bewegung der Spule erfolgt, sich der niedrige Druck des Steuersystems auf wenigstens zwei Größenordnungen kleiner<sup>als</sup> derjenige des Hochdrucks des Fluids beläuft.

2. Dreiwegeventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Ventilsitze jeweils einen  $90^\circ$  Übergang zwischen dem mittleren zylinderförmigen Gebiet und dem gegenüberliegenden länglichen zylinderförmigen Gebieten des Hohlraums besitzen.

3. Dreiwegeventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Ventilsitze jeweils ein Übergangswinkel zwischen dem mittleren zylinderförmigen Gebiet und den gegenüberliegenden länglichen, zylinderförmigen Gebieten des Hohlraums aufweisen, der größer als der Winkel der ersten und zweiten Spulensitze ist.

4. Dreiwegeventil nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Kombination der Merkmale a) bis f) sowie der zweite Kolben auf ein Niederdruck-Signal des Steuersystems anspricht zwecks Drücken der Spule in Richtung auf den ersten Ventilsitz unter festem Eingriff mit dem ersten Spulensitz gegen den ersten Ventilsitz unter Abdichten des Hochdruck-, Hochtemperaturfluids in dem zweiten Kanal zwecks Abgabe an die zweite Auslaßöffnung, sich der niedrige Druck des Steuersystems auf wenigstens zwei Größenordnungen kleiner als derjenige des Hochdrucks des Fluids beläuft.

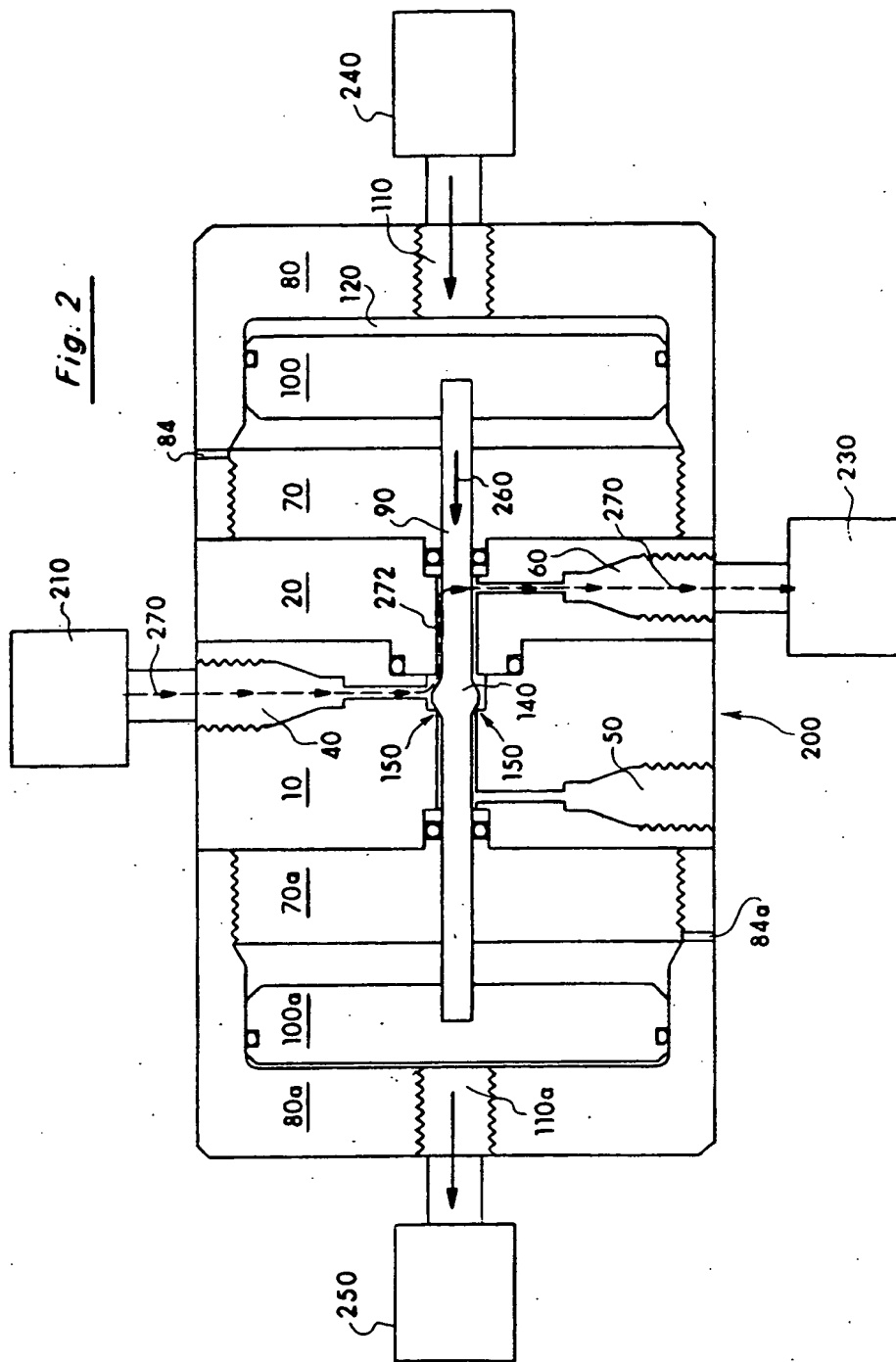
5. Dreiwegeventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Ventilsitze jeweils einen  $90^\circ$  Übergang zwischen dem mittleren zylinderförmigen Gebiet und dem gegenüberliegenden länglichen zylinderförmigen Gebieten des Hohlraums besitzen.

6. Dreiwegeventil nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Ventilsitze jeweils einen Übergangswinkel zwischen dem mittleren, zylinderförmigen Gebiet und den gegenüberliegenden, länglichen, zylinderförmigen Gebieten des Hohlraums aufweisen, der größer als der Winkel der ersten und zweiten Spulensitze ist.

7. Dreiwegeventil nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Kombination der Merkmale a) bis f) sowie der zweite Kolben auf ein Niederdruck-Signal des Steuersystems anspricht zwecks Drücken der Spule in Richtung auf den ersten Ventilsitz unter festem Eingriff mit dem ersten Spulensitz gegen den ersten Ventilsitz unter Abdichten des Hochdruck-, Hochtemperaturfluids in dem zweiten Kanal zwecks Abgabe an die zweite Auslaßöffnung, wobei das Abdichten der Spule gegen die ersten und zweiten Ventildichtungen unter dem Hochdruck und der Hochtemperatur ohne innere Volumenveränderung in dem Ventil ausgeführt wird.

8. Dreiwegeventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Ventilsitze jeweils einen  $90^\circ$  Übergang zwischen dem mittleren zylinderförmigen Gebiet und den gegenüberliegenden, länglichen, zylinderförmigen Gebieten des Hohlraums besitzen.

9. Dreiwegeventil nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und zweiten Ventilsitze jeweils einen Übergangswinkel zwischen dem mittleren, zylinderförmigen Gebiet und den gegenüberliegenden, länglichen, zylinderförmigen Gebieten des Hohlraums aufweisen, der größer als der Winkel der ersten und zweiten Spulensitze ist.



3790818

Fig. 3

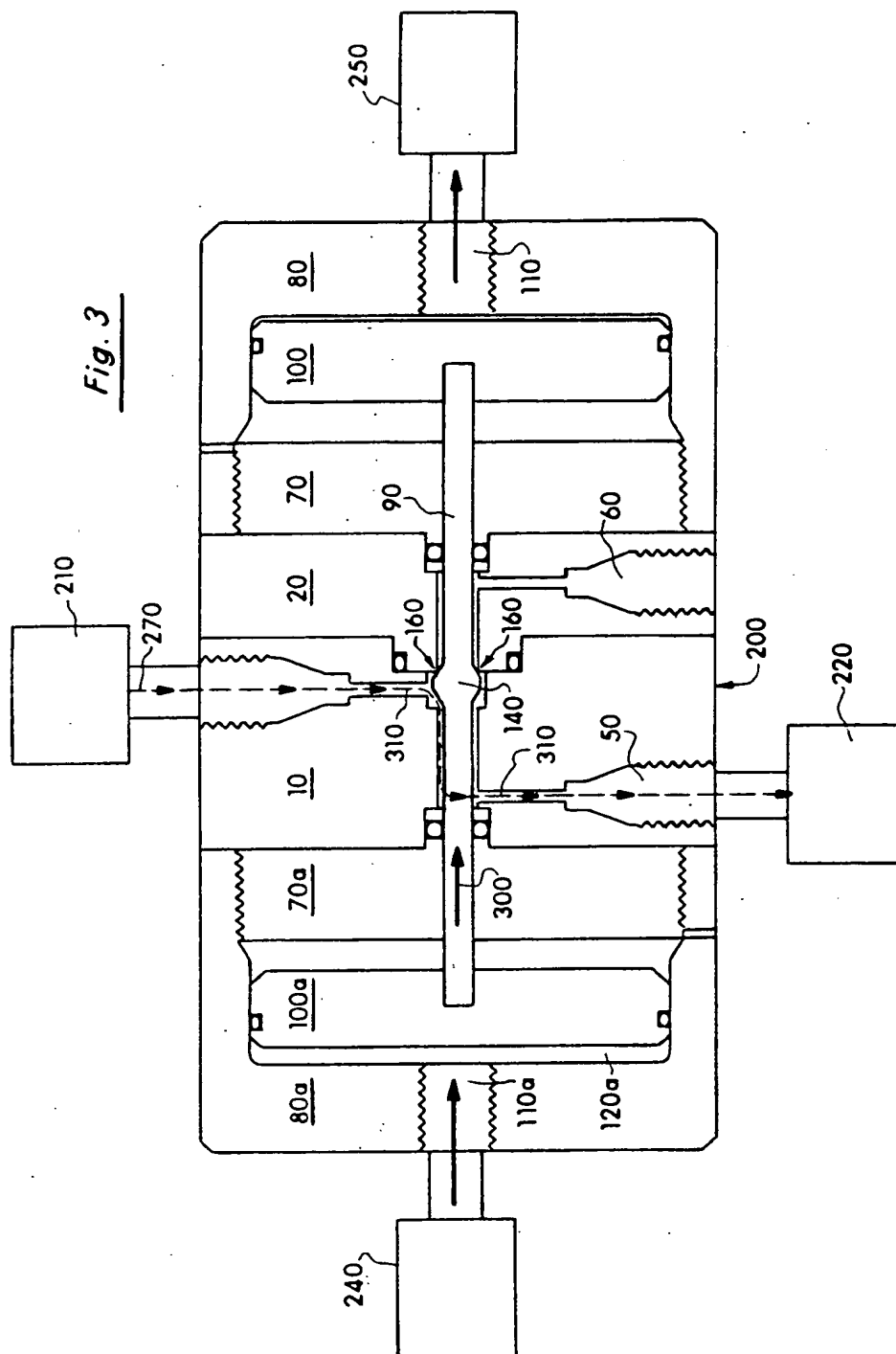


Fig. 4

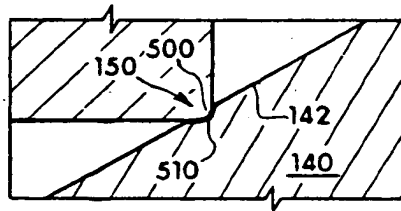
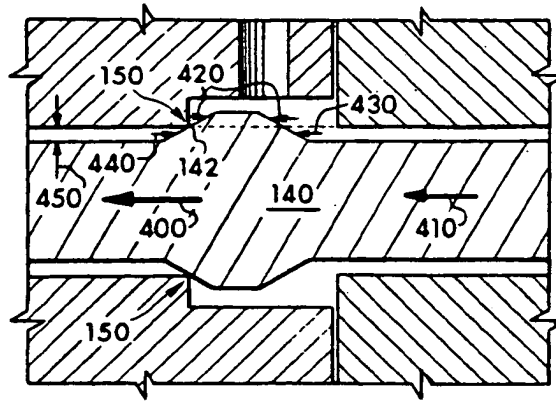
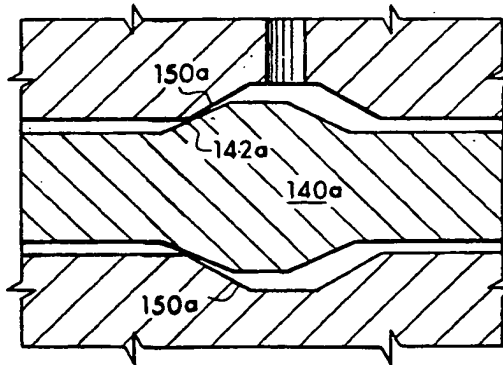


Fig. 5

Fig. 6



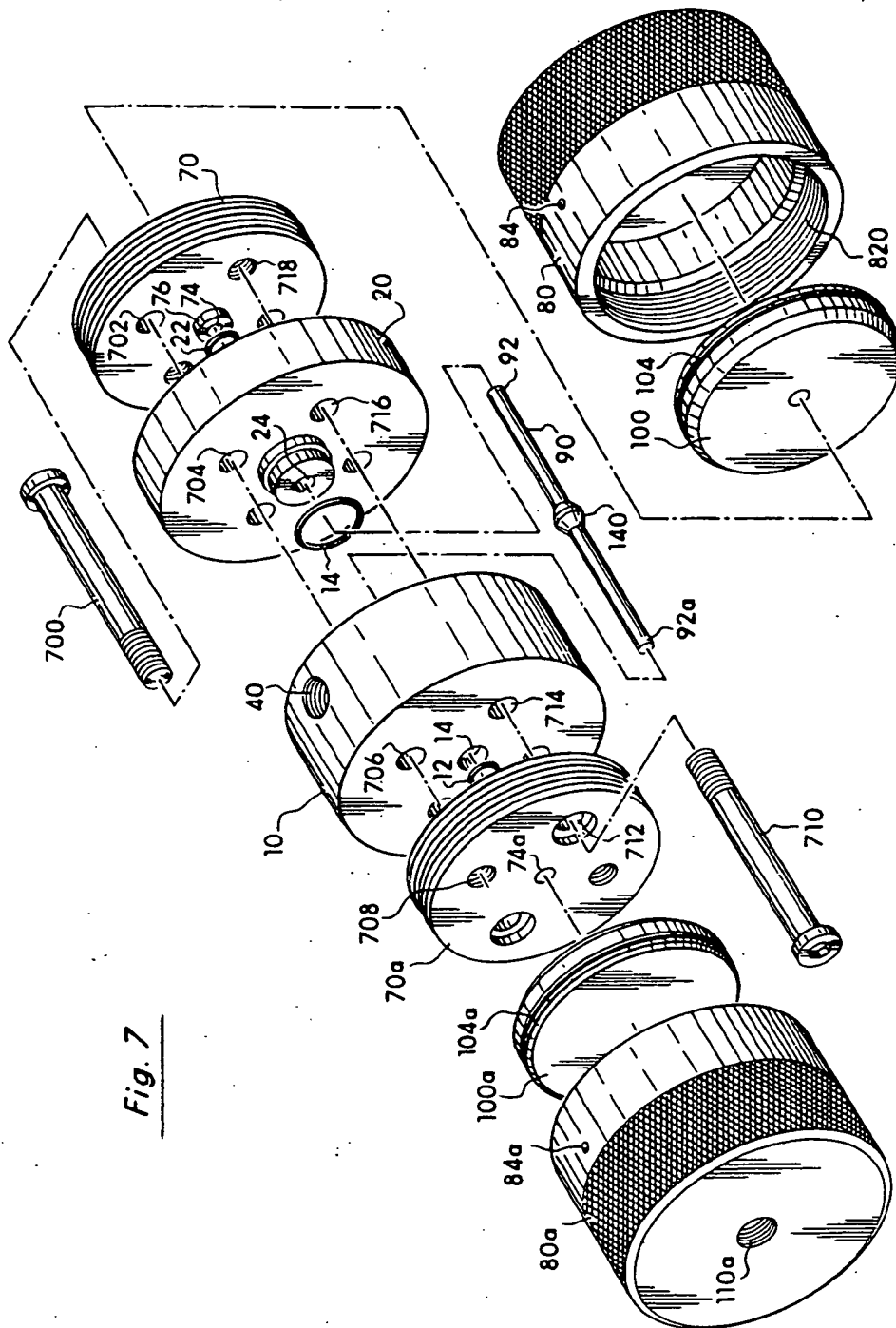


Fig. 7

pat. #

3790818

Fig. 9

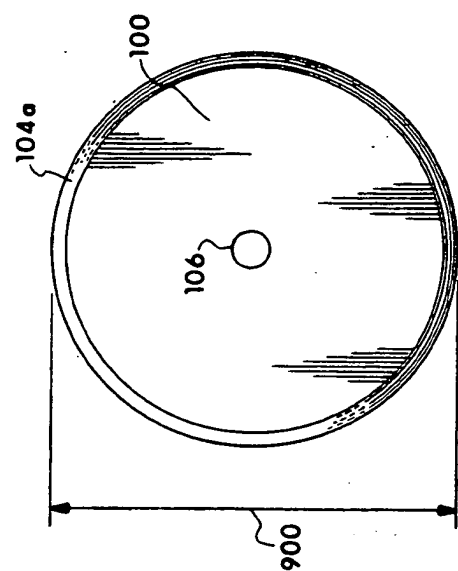
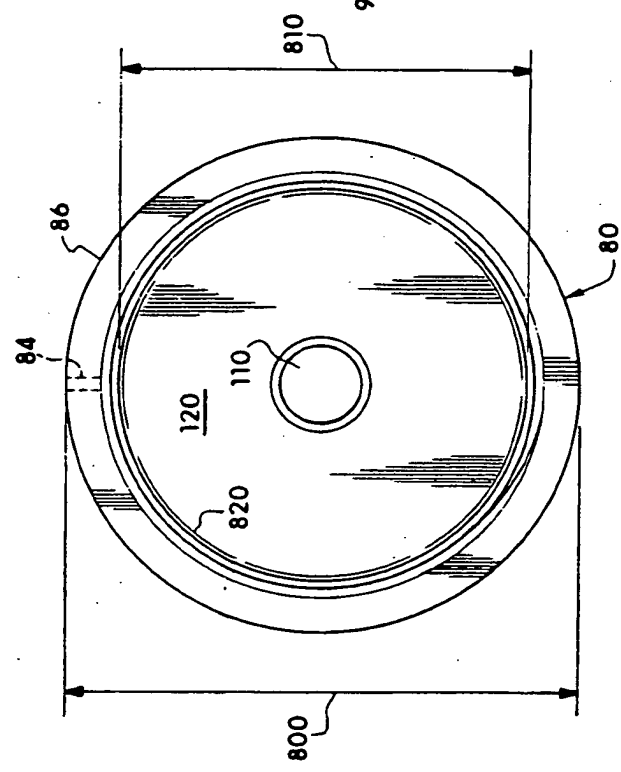
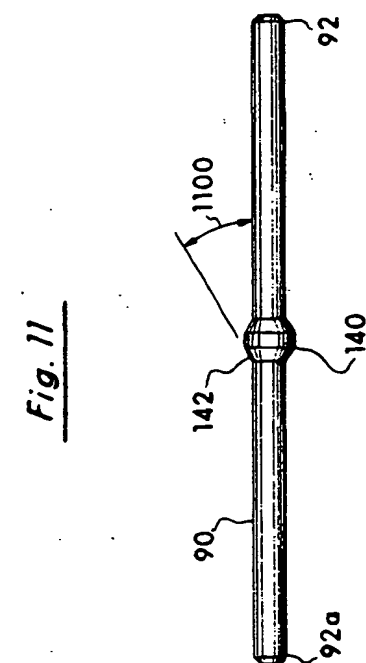


Fig. 8

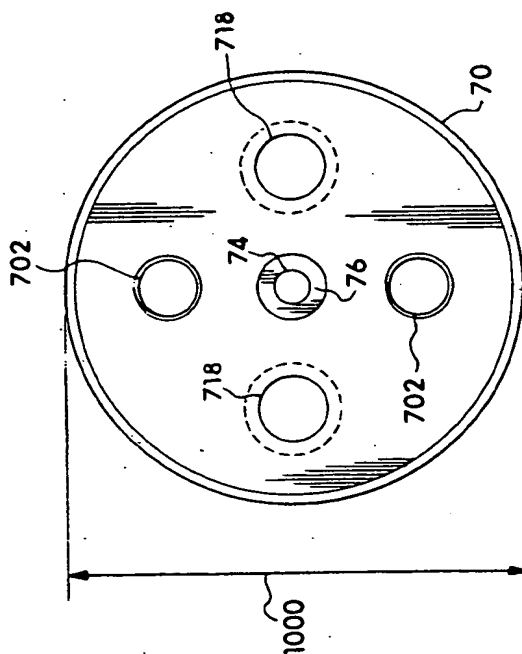




3790818



**Fig. 11**



**Fig. 10**

Fig. 13

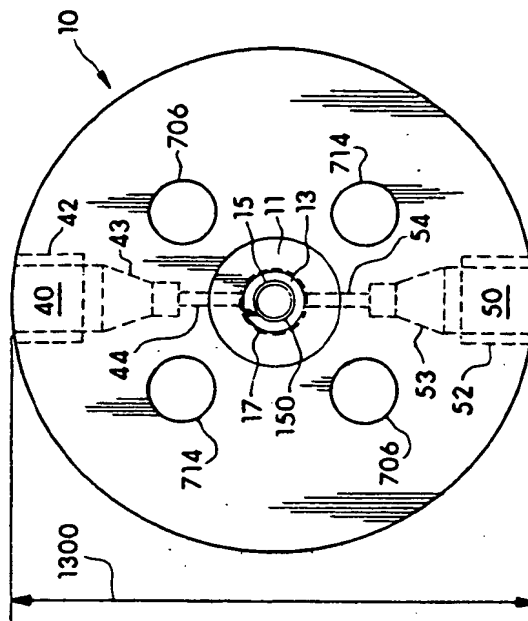


Fig. 12

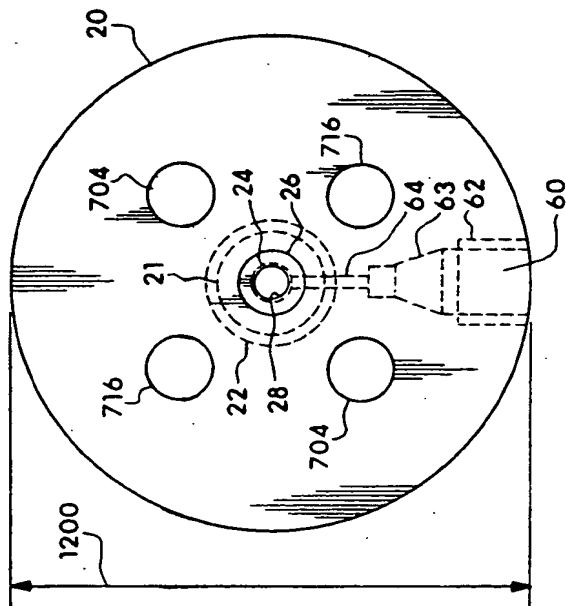
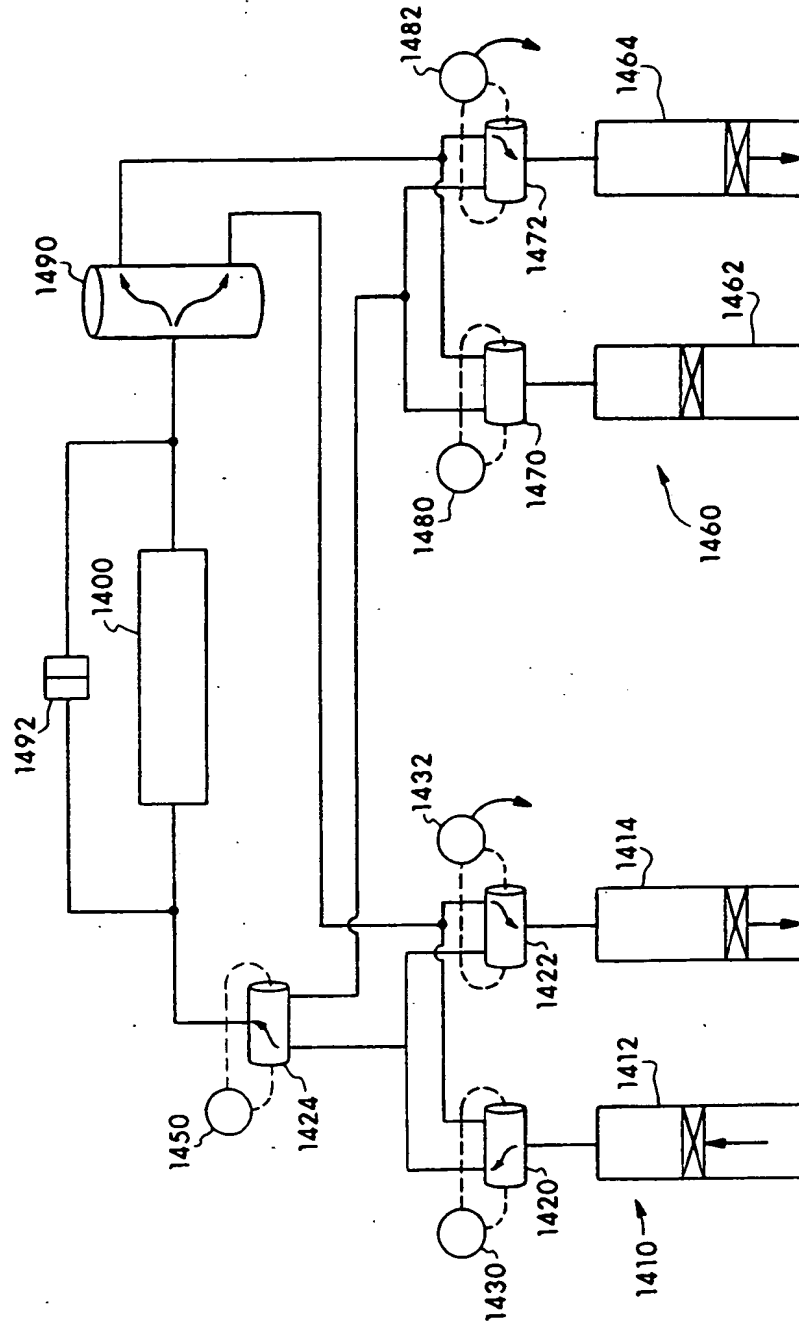


Fig. 14



**Fig. 1**

